

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP 98/06694

09/555801



REC'D	10 DEC 1998
WIPO	PCT
EPO-Munich	3

14. Nov. 1998

EJU

Bescheinigung

Die Leistritz AG & Co Abgastechnik in Fürth, Bay/Deutschland
hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge
und Verfahren zu seiner Herstellung"

am 3. Dezember 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole B 01 D und F 01 N der Internationalen Patentklassifika-
tion erhalten.

München, den 30. Oktober 1998
Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

Vorzeichen: 197 53 609.3

Anonym

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1 971188-3/37/31/32

2

3 02. Dezember 1997

4

5

6 **Ansprüche**

7

8 1. Verfahren zur Herstellung eines Abgaskatalysators, insbesondere für Kraft-
9 fahrzeuge, bei dem ein aus wenigstens einem von einer Lagerungsmatte (7)
10 umwickelten Monolithen (1) gebildetes Monolithpaket (17) in einen als Gehäu-
11 se dienenden Rohrabschnitt (2) eingepreßt wird,

dadurch gekennzeichnet,

13 daß ein Rohrabschnitt mit mehreren unterschiedlich großen Innenquer-
14 schnittsflächen bereitgestellt wird und daß das Monolithpaket (17) von einem
15 Rohrende (21) mit einer größeren oder mit der größten Innenquerschnittsflä-
16 che her eingepreßt wird.

17

18 2. Verfahren nach Anspruch 1,

19 dadurch gekennzeichnet,

20 daß von jedem Rohrende des Rohrabschnittes (2) her ein Monolithpaket ein-
21 gepreßt wird.

22

23 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

24 gekennzeichnet durch

25 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2) mit einer sich stufenartig verän-
26 dernden Innenquerschnittsfläche in Form mehrerer Längsabschnitte (9, 10),
27 wobei die Innenfläche (5a) der Längsabschnitte im wesentlichen parallel zur
28 Mittellängsachse (32) des Rohrabschnitts verläuft.

29

30 4. Verfahren nach Anspruch 3,

31 gekennzeichnet durch

1 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2), bei dem in Einpreßrichtung (18)
2 aufeinanderfolgende Längsabschnitte (10c, 9d, 9e) nach abnehmender In-
3 nenquerschnittsfläche angeordnet sind.

4
5 5. Verfahren nach Anspruch 2,

6 gekennzeichnet durch

7 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2), bei dem sich von den Rohrenden
8 jeweils ein Längsabschnitt (10a, 10b) mit der größten Innenquerschnittsfläche
9 wegerstreckt, wobei diese Längsabschnitte (10a, 10b) wenigstens einen
10 Längsabschnitt (9c) mit kleinerer Innenquerschnittsfläche zwischen sich ein-
11 schließen.

12
13 6. Verfahren nach Anspruch 1,

14 gekennzeichnet durch

15 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2) mit wenigstens einem sich kontinu-
16 ierlich verkleinernden bzw. konusförmig verengenden Längsabschnitt (9f).

17
18 7. Verfahren nach Anspruch 6,

19 dadurch gekennzeichnet,

20 daß sich der konusförmige Längsabschnitt über die gesamte Länge des Rohr-
21 abschnittes 2 erstreckt.

22
23 8. Verfahren nach Anspruch 6,

24 gekennzeichnet durch

25 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2) mit zwei sich von dessen Rohren-
26 den (21,23) her zu seiner Mitte hin konusförmig verengenden Längsabschnit-
27 ten.

28
29 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8,

30 gekennzeichnet durch

1 die Verwendung eines Rohrabschnittes mit wenigstens einem Längsabschnitt
2 mit parallel zur Mittellängsachse (32) verlaufender Innenfläche (5a) und we-
3 nigstens einem konusförmigen Längsabschnitt.

4

5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-9,

6 gekennzeichnet durch

7 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2), bei dem sich die verengten
8 Längsabschnitte nur über einen Teilumfangsbereich erstrecken.

9

10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10,

11 gekennzeichnet durch

12 die Verwendung eines Rohrabschnittes (2), bei dem die Verengung eines
13 bestimmten Längsabschnittes in einem Umfangsbereich stärker ausgeprägt ist
14 als in einem anderen Umfangsbereich.

15

16 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11,

17 dadurch gekennzeichnet,

18 daß die Innenquerschnittsfläche der verengten Längsabschnitte bzw. das
19 Ausmaß der Verjüngung der konusförmigen Längsabschnitte so gewählt ist,
20 daß eine durch Gehäuse-, Monolith- und/oder Mattentoleranzen bedingte Ver-
21 ringerung der auf den Monolithen ausgeübten radialen Preßkraft zumindest
22 kompensiert wird.

23

24 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12,

25 dadurch gekennzeichnet,

26 daß als Lagerungsmatte eine Mineralfasermatte mit darin eingelagerten
27 Blähglimmerpartikeln verwendet wird.

28

29 14. Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit

- einem in wesentlichen aus einem etwa zylindrischen Rohrabschnitt (2), einem Einströmtrichter (3) und einem Ausströmtrichter (3b) bestehenden Gehäuse (4),
- wenigstens einem im Rohrabschnitt (2) angeordneten etwa zylindrischen Monolithen (1), und
- einem zwischen der Umfangsfläche (15) des Monolithen (1) und der Innenfläche (5) des Gehäuses (4) vorhandenen, eine Lagerungsmatte (7) mit radialer Vorspannung aufnehmenden Spaltraum (6),

dadurch gekennzeichnet,

daß der Rohrabschnitt wenigstens einen verengten Längsabschnitt (9) mit einer verkleinerten Innenquerschnittsfläche aufweist, wobei die Innenfläche (5a) des Längsabschnitts (9) im wesentlichen parallel zur Mittellängsachse (32) des Rohrabschnittes verläuft.

15. Abgaskatalysator nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß ein verengter Längsabschnitt (9) den zum Einströmtrichter (3) weisenden Vorderbereich des Monolithen (1) umfaßt.

20. Abgaskatalysator nach Anspruch 15,

gekennzeichnet durch

mehrere Monolithe (1a, 1b), wobei jeweils der dem Einströmtrichter (3) zugewandte Vorderbereich der Monolithe (1a, 1b) von einem verengten Längsabschnitt (9a, 9b) des Gehäuses (4) umgeben ist.

26. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-16,

gekennzeichnet durch

einen Rohrabschnitt (2), bei dem in Strömungsrichtung (13) oder in Einpreßrichtung (18) aufeinanderfolgende Längsabschnitte (10c, 9d, 9e) nach abnehmender Innenquerschnittsfläche angeordnet sind.

1 18. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-16,
2 gekennzeichnet durch
3 einen Rohrabschnitt (2) mit jeweils einem sich von den Rohrenden (21,23)
4 wegerstreckenden Längsabschnitt (10a, 10b) mit der größten Innenquer-
5 schnittsfläche, wobei diese Längsabschnitte (10a, 10b) wenigstens einen
6 Längsabschnitt (9c) mit kleinerer Innenquerschnittsfläche zwischen sich ein-
7 schließen.

8
9 19. Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit
10 - einem in wesentlichen aus einem etwa zylindrischen Rohrabschnitt (2), ei-
11 nem Einströmtrichter (3) und einem Ausströmtrichter (3b) bestehenden Ge-
12 häuse (4),
13 - wenigstens einem im Rohrabschnitt (2) angeordneten etwa zylindrischen
14 Monolithen (1), und
15 - einem zwischen der Umfangsfläche (15) des Monolithen (1) und der Innen-
16 fläche (5) des Gehäuses (4) vorhandenen eine Lagerungsmatte (7) mit radia-
17 ler Vorspannung aufnehmenden Spaltraum (6),
18 dadurch gekennzeichnet,
19 daß der Rohrabschnitt (2) wenigstens einen sich kontinuierlich verengenden
20 bzw. konusförmigen Längsabschnitt (9f) aufweist.

21
22 20. Abgaskatalysator nach Anspruch 19,
23 dadurch gekennzeichnet,
24 daß sich der konusförmige Längsabschnitt über die gesamte Länge des Rohr-
25 abschnittes (2) erstreckt.

26
27 21. Abgaskatalysator nach Anspruch 19,
28 dadurch gekennzeichnet,
29 daß der Rohrabschnitt (2) zwei sich von dessen Rohrenden (21,23) her zu
30 seiner Mitte hin konusförmig verjüngende Längsabschnitte aufweist.

1 22. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-21,

2 dadurch gekennzeichnet,

3 daß der Rohrabschnitt (2) wenigstens einen Längsabschnitt (33) mit parallel
4 zu seiner Mittellängsachse (32) verlaufender Innenfläche (5a) und wenigstens
5 einen Längsabschnitt (34) mit einer sich konisch verjüngenden Innenflä-
6 che (5b) aufweist.

7

8 23. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-22,

9 dadurch gekennzeichnet,

10 daß sich die verengten bzw. die konusförmig verjüngten Längsabschnitte nur
11 über einen Teilumfangsbereich des Rohrabschnittes (2) erstrecken.

12

13 24. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-22,

14 dadurch gekennzeichnet,

15 daß die Verengung bzw. Verjüngung wenigstens eines verengten bzw. ver-
16 jüngten Längsabschnittes in einem Teilumfangsbereich stärker ausgeprägt ist
17 als in einem anderen Teilumfangsbereich.

18

19 25. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-24,

20 dadurch gekennzeichnet,

21 daß die Lagerungsmatte (7) eine Minerafasermatte ist.

22

23 26. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 14-24,

24 dadurch gekennzeichnet,

25 daß die Lagerungsmatte eine Minerafasermatte mit eingelagerten Blähglim-
26 merpartikeln ist.

Beschreibung

Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge und Verfahren zu seiner Herstellung

Ein üblicher Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge, umfaßt ein metallisches Gehäuse, in dem ein Katalysatorkörper gelagert ist. Ein keramischer Katalysatorkörper, im folgenden Monolith genannt, weist gegenüber einem metallischen eine weit geringe mechanische Stabilität auf. Außerdem sind die Wärmeausdehnungskoeffizienten des keramischen Materials und des metallischen Gehäuses sehr unterschiedlich. Die Lagerung eines Monolithen im Gehäuse erfolgt daher mit Hilfe einer Lagerungsmatte, die in einem zwischen Monolith und Gehäuse vorhandenen Spaltraum mit radialer Vorspannung einliegt. Als Lagerungsmatten werden häufig sogenannte Quellmatten verwendet, das sind Mineralfasermatten mit eingelagerten Blähglimmerpartikeln. Blähglimmer spaltet bei erhöhten Temperaturen irreversibel Wasserdampf ab, wodurch die Partikel in einen expandierten Zustand übergehen. Im expandierten Zustand der Blähglimmerpartikel übt die Matte in Radialrichtung höhere Rückstellkräfte auf die Innenfläche des Gehäuses und die Umfangsfläche des Monolithen aus, was mit einer Erhöhung der Auspreßkraft verbunden ist. Unter Auspreßkraft ist die Kraft zu verstehen, mit der der Monolith in Axialrichtung beaufschlagt werden muß, um ihn aus seiner Lagerung zu lösen. bzw. um ihn in Axialrichtung zu verschieben. Die Auspreßkraft soll aus verständlichen Gründen möglichst hoch sein, um eine zuverlässige Lagerung des Monolithen während des Fahrzeugbetriebes zu gewährleisten.

26 Neben Quellmatten werden auch Lagerungsmatten eingesetzt, die keinen Bläh-
27 glimmer enthalten. Solche Matten bestehen im wesentlichen nur aus Mineralalfa-
28 sern. Die radialen Rückstellkräfte beider Mattentypen werden dadurch erzeugt,
29 daß die Dicke der Matte im unverbauten Zustand größer ist als das Spaltmaß des
30 zwischen Monolith und Gehäuse vorhandenen Spaltraums. Während bei Quell-
31 matten die Spaltvergrößerung bei den Betriebstemperaturen des Katalysators

1 durch die Expansion der Blähglimmerpartikel ausgeglichen wird, muß bei bläh-
2 glimmerfreien Mineralfasermatten die radiale Vorspannung der Lagerungsmatte
3 so groß sein, daß auch im erweiterten Zustand des Spaltraumes der Monolith si-
4 cher gelagert wird. Um die Rückstellkräfte einer Matte mit vorgegebener Dicke zu
5 erhöhen, wird daher in der Regel ein möglichst kleines Spaltmaß für den
6 Spaltraum angestrebt. Bei aus zwei Halbschalen bestehenden Gehäusen wird
7 zunächst ein aus einem oder mehreren einlagig mit einer Lagerungsmatte umwik-
8 kelten Monolithen bestehendes Monolithpaket in eine Halbschale eingelegt und
9 dann die zweite Halbschale aufgesetzt. Dabei muß die Lagerungsmatte auf eine
10 dem gewünschten Spaltmaß entsprechende Dicke komprimiert werden. Während
ein Monolith gegenüber einer radial einwirkenden isostatischen Belastung relativ
unempfindlich ist, besteht bei Scherbeanspruchungen, etwa infolge tangentialer
13 Krafteinleitung, die Gefahr daß der Monolith zerstört wird. Bei Halbschalengehäu-
14 sen tritt eine solche Scherbelastung vor allem an den den Rändern der Halbscha-
15 len auf. Einer Verkleinerung des Spaltmaßes sind bei solchen Katalysatoren da-
16 her relativ enge Grenzen gesetzt. Analoges trifft für Abgaskatalysatoren mit einem
17 Wickelgehäuse zu. Bei einer dritten Katalysatorbauart besteht der den bzw. die
18 Monolithe aufnehmende Lagerungsbereich des Gehäuses aus einem Rohrab-
19 schnitt. Bei der Herstellung solcher Abgaskatalysatoren wird das oben erwähnte
20 Monolithpaket in einen Rohrabschnitt eingepreßt. Die durch die Kompression der
21 Lagerungsmatte hervorgerufenen Rückstellkräfte wirken dabei gleichmäßig über
den Monolithumfang verteilt, also quasi isostatisch auf den Monolithen. Eine
23 Scherbelastung tritt praktisch nicht auf. Dennoch kann bei herkömmlichen Rohrk-
24 atalsatoren der Spaltraum zur Erhöhung der Mattenrückstellkräfte nicht in zufrie-
25 denstellendem Maße verkleinert werden. Dies liegt daran, daß das Einpressen
26 eines Monolithpaketes in einen Rohrabschnitt umso schwieriger zu bewerkstelligen
27 ist, je enger der zur Verfügung stehende Spaltraum ist bzw. je mehr die Dicke der
28 Lagerungsmatte das zur Verfügung stehende Spaltmaß des Spaltraumes über-
29 steigt.

30

1 Davon ausgehend ist es die Aufgabe der Erfindung, einen Abgaskatalysator mit
2 verbesserter Lagerung des Monolithen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines
3 Abgaskatalysators in Rohrbauweise vorzuschlagen.

4

5 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie einen Abgaska-
6 talysator nach Anspruch 14 gelöst. Wenn von einem etwa zylindrischen Rohrab-
7 schnitt oder von einem etwa zylindrischen Monolithen gesprochen wird, so sind
8 darunter auch ovale oder polygone Rohrabschnitte und Monolithe zu verstehen.
9 Außerdem soll unter einem Abgaskatalysator allgemein eine Vorrichtung zur Rei-
10 nigung von Abgasen verstanden werden, die neben oder statt eines Monolithen
11 auch einen Partikel- oder Rußfilter enthalten kann. Bei einem erfindungsgemäßen
12 Verfahren wird ein Rohrabschnitt mit mehreren unterschiedlichen Innenquer-
13 schnittsflächen bereitgestellt, wobei ein Monolithpaket von einem Rohrende her
14 eingepreßt wird, das eine größere oder die größte Innenquerschnittsfläche bzw.
15 lichte Weite aufweist. Es kann z. B. ein Rohrabschnitt gewählt werden, der einen
16 ersten Längsabschnitt mit größerer und einen sich daran anschließenden zweiten
17 Längsabschnitt mit kleinerer Innenquerschnittsfläche aufweist. Die größere Innen-
18 querschnittsfläche ist so gewählt, daß das Einschieben des Monolithpaketes keine
19 Probleme bereitet, wobei aber dennoch eine Rückstellkräfte bewirkende Kom-
20 pression der Lagerungsmatte erfolgt. Der sich anschließende Längsabschnitt mit
21 kleinerer Innenquerschnittsfläche ist dagegen so gewählt, daß eine möglichst ho-
22 he Kompression der Lagerungsmatte und damit möglichst hohe Rückstellkräfte
23 erzeugt werden. Würde dagegen ein Rohrabschnitt mit insgesamt verkleinerter
24 Innenquerschnittsfläche verwendet werden, bestünde die Gefahr, daß die Lage-
25 rungsmatte gleich zu Beginn des Einpreßvorgangs etwa am Stirnkantenbereich
26 des Rohrabschnitts hängen bleibt und nur der Monolith weiter in den Rohrab-
27 schnitt vorgetrieben wird. Wenn jedoch am Einpreßende des Rohrabschnittes eine
28 größere Innenquerschnittsfläche und dementsprechend ein Spalt Raum mit größe-
29 rem Spaltmaß vorhanden ist, kann das Monolithpaket in den Rohrabschnitt einge-
30 preßt werden, ohne daß die Sollage der Lagerungsmatte relativ zum Monolithen
31 verändert wird. Wenn das in Einpreßrichtung weisende Vorderende des Mono-

1 lithpakets später in den verengten Längsabschnitt des Rohrabschnittes eintritt, ist
2 der sich davor befindliche Bereich der Lagerungsmatte durch den Rohrabschnitt
3 schon derart stabilisiert, daß eine Sollageveränderung der Lagerungsmatte ver-
4 hindert ist. Vorzugsweise wird ein derart vorkonfektionierter Rohrabschnitt so an-
5 geordnet, daß der verengte Längsabschnitt den zum Einströmtrichter weisenden
6 Vorderbereich des Monolithen umfaßt (Anspruch 15).

7
8 Die Herstellung eines erfindungsgemäßen Abgaskatalysators kann auch so erfol-
9 gen, daß von jedem Rohrende her ein Monolithpaket in einem Rohrabschnitt ein-
10 gepreßt wird. In diesem Falle weisen beide Rohrenden eine größere Innenquer-
11 schnittsfläche auf als wenigstens ein dazwischen angeordneter Bereich mit ver-
12 ringerter Innenquerschnittsfläche (Ansprüche 2 und 16). Vorzugsweise wird ein
13 Rohrabschnitt mit einer sich stufenartig verändernden Innenquerschnittsfläche in
14 Form mehrerer Längsabschnitte verwendet, wobei die Innenfläche der jeweiligen
15 Längsabschnitte parallel zur Mittellängsachse des Rohrabschnitts verläuft. Mit
16 anderen Worten bildet die Innenfläche des jeweiligen Längsabschnittes einen
17 koaxial zur Mittellängsachse des Rohrabschnittes verlaufenden Zylindermantel mit
18 kreisförmigem, ovalem oder polygenem Umriß. Bei einer Ausführungsvariante
19 sind die in EINPREßrichtung aufeinanderfolgenden Längsabschnitte gemäß den
20 Ansprüchen 4 und 17 nach abnehmenden Innenquerschnittsflächen angeordnet.
21 Die Lagerungsmatte wird dabei mit fortschreitender EINPREßtiefe zunehmend
22 komprimiert, bis sie am Ende des EINPREßvorgangs im Bereich des in EINPREßrich-
23 tung weisenden Rohrendes ihre höchste Kompression erfährt.

24
25 Alternativ zu einem stufenförmig verengten Rohrabschnitt kann auch ein solcher
26 verwendet werden, bei dem sich die Innenquerschnittsfläche eines Längsabschnit-
27 tes kontinuierlich verkleinert bzw. konusförmig verengt. Ein solcher Längsab-
28 schnitt kann sich über die gesamte Länge des Rohrabschnittes erstrecken. Die
29 Innenquerschnittsfläche verkleinert sich dann von einem Rohrende zum anderen
30 Rohrende hin kontinuierlich (Ansprüche 6, 7, 19 und 20). Die Innenfläche eines ko-
31 nusförmigen Längsabschnittes bildet also die Mantelfläche eines Kegelstumpfes,

1 wobei auch hier der Umriß dieses Längsabschnittes kreisförmig, oval oder poly-
2 gon sein kann. Sowohl mit der stufenförmigen als auch der kontinuierlichen, ko-
3 nusartigen Verengung, ist eine Versteifung des Rohrabschnittes bzw. des Kataly-
4 satorgehäuses verbunden. Gegenüber der kontinuierlichen Verengung der Innen-
5 querschnittsfläche hat ein stufenförmig verjüngter Rohrabschnitt den Vorteil einer
6 größeren Reibung zwischen Lagerungsmatte und Rohrabschnitt.

7 Nach den Ansprüchen 8 und 21 umfaßt ein Rohrabschnitt 2 sich von dessen Roh-
8 renden her zu seiner Mitte hin konusförmig verjüngte Längabschnitte. Bei einem
9 solchen Rohrabschnitt wird zweckmäßigerweise jeweils ein Monolithpaket von
10 jedem Rohrende her in den Rohrabschnitt eingepreßt. Schließlich kann es vorteil-
haft sein, wenn bei einem Rohrabschnitt wenigstens ein Längsabschnitt mit paral-
11 lel zu seiner Mittellängsachse verlaufenden Innenfläche und wenigstens ein ko-
12 nusförmiger Längsabschnitt vorhanden sind (Ansprüche 9 und 22).

14
15 Vorteilhaft ist auch ein Verfahren nach Anspruch 10 und ein Abgaskatalysator
16 nach Anspruch 23, wenn sich die verengten bzw. die konusförmig verjüngten
17 Längsabschnitte nur über einen Teilumfangsbereich des Rohrabschnittes erstrek-
18 ken. Im Querschnitt ovale bzw. ellipsenförmige Monolithe sind in ihren Flachberei-
19 chen, also im Bereich ihrer kleineren Ellipsenachse stärker druckbelastbar als in
20 den seitlichen, stärker gekrümmten Bereichen ihrer längeren Ellipsenachse. Da-
21 her ist es vorteilhaft, wenn die Gesamtpreßkraft so verteilt wird, daß die Flachsei-
22 ten der Monolithe stärker belastet werden, als die stärker gekrümmten Seitenbe-
23 reiche. Um dies zu gewährleisten, wird ein Rohrabschnitt verwendet, der nicht
24 über seinen gesamten Umfang verengt ist sondern in seinen den jeweiligen
25 Flachseiten des Monolithen zugeordneten Bereichen verengt ist. Der Monolith läßt
26 sich daher insgesamt mit einer erhöhten radialen Preßkraft baufschlagen, ohne
27 daß dabei die Gefahr eines Monolithbruches besteht. Die Verengung der genann-
28 ~~ten Umfangsbereiche kann so gewählt sein, daß nach dem Eindrücken eines Mo-~~
29 nolithpaketes ein vollumfänglich gleichmäßiges Spaltmaß des Spaltraumes er-
30 reicht wird.

1 Eine Variation der radialen Preßkraft kann allgemein auch dadurch erreicht wer-
2 den, daß die Verengung von verengten bzw. verjüngten Längsabschnitten in ei-
3 nem Teilumfangsbereich stärker ausgeprägt ist als in einem anderen Teilum-
4 fangsbereich. Für Rohrabschnitte, bei denen sich die Verengung nur auf einen
5 Teilumfangsbereich erstreckt, bedeutet dies, daß ein Abschnitt dieses Teilum-
6 fangsbereiches weiter in Richtung auf die Mittellängsachse des Rohrabschnittes
7 abgesenkt ist als ein anderer Abschnitt.

8 Besonders vorteilhaft ist ein erfindungsgemäßer Abgaskatalysator in Verbindung
9 mit einer Quellmatte, da solche Matten gegenüber blähglimmerpartikelfreien Mine-
10 ralfasermatten wesentlich kostengünstiger sind. Bei solchen Quellmatten muß
11 eine bestimmte Betriebstemperatur erreicht werden, damit die Expansion der
12 Blähglimmerpartikel ausgelöst wird. Im Niederlastbereich, beispielsweise von
13 großvolumigen Dieselmotoren oder bei Diesel- oder Otto-Motoren mit direkter
14 Kraftstoffeinspritzung wird die Expansionstemperatur vielfach nicht erreicht. Die
15 Folge ist, daß der Monolith allein aufgrund der anfänglichen, durch das Spaltmaß
16 und die ursprüngliche Mattendicke bestimmten Rückstellkräfte der Quellmatte im
17 Katalysatorgehäuse gelagert ist. Bei einer Quellmatte sind die Mineralfasern und
18 die Blähglimmerpartikel in einem organischen Binder eingebettet. Die anfänglichli-
19 che Rückstellkraft einer solchen Matte wird maßgeblich vom organischen Binder
20 bestimmt. Oberhalb etwa 160° C erweicht der Binder und verteilt sich dabei in der
21 porösen Struktur der Matte. Die Folge ist ein Verlust an Rückstellkraft bzw. ein
22 Abfall der auf den Monolithen ausgeübten radialen Preßkräfte. Hinzu kommt, daß
23 der Binder bei längerer Wärmebeaufschlagung in dem genannten Temperaturbe-
24 reich durch partielle Oxidation verhärtet. Dies hat einen weiteren erheblichen
25 Rückgang der axialen Preßkräfte zur Folge. Hinzu kommt, daß die beim Betrieb
26 des Fahrzeuges auftretenden Vibrationen eine stetige Kompression der Lage-
27 rungsmatte in Radialrichtung, und aufgrund des verhärteten Binders praktisch ei-
28 ne bleibende Verformung bzw. Verdichtung der Matte bewirken. Dies kann soweit
29 führen, daß die durch Motorschwingungen und Abgaspulse hervorgerufe-
30 nen axialen Beschleunigungen den Monolithen aus seiner Verankerung lösen. Bei
31

1 einem erfindungsgemäßen bzw. einem erfindungsgemäß hergestellten Abgaskat-
2 alysator ist dies aber dadurch verhindert, daß die Innenquerschnittsfläche des
3 verengten Gehäuseabschnittes so gewählt, daß die Lagerungsmatte so stark
4 komprimiert bzw. vorgespannt ist, daß eine zuverlässige Halterung des Monoli-
5 then auch in den genannten Niederlastbereichen bzw. bei Motoren mit nur gerin-
6 ger Wärmeentwicklung gewährleistet ist. Die Verringerung der Innenquerschnitts-
7 fläche kann schließlich so gewählt sein, daß Fertigungstoleranzen des Monolithen
8 und des Rohrabschnittes, die vergrößernd auf den Spaltraum wirken, und damit
9 die Auspreßkraft unter einen betriebssicheren Sollmindestwert absenken, kom-
10 pensiert werden. Die Erfindung bietet daher weiterhin den Vorteil, daß auf eine
11 individuelle Kalibrierung der Rohrabschnitte verzichtet werden kann. Bei einer sol-
12 chen Kalibrierung wird jedem Rohrabschnitt ein individueller Monolith zugeordnet,
13 die Querschnittsfläche des Monolithen bestimmt und zur Erzielung des gewünsch-
14 ten Spaltmaßes der Rohrabschnitt aufgeweitet.

15
16 Die Erfindung wird nun anhand von den in den beigefügten Zeichnungen darge-
17 stellt Ausführungsbeispielen näher erläutert:

18
19 Es zeigen:

- 20
21 Fig.1 einen erfindungsgemäßen Abgaskatalysator in schematischer Darstel-
22 lung, bei dem ein zwei Monolithe aufnehmender Rohrabschnitt nur ei-
23 nen verengten Längsabschnitt aufweist
24 Fig.2 einen Abgaskatalysator mit einem zwei Monolithe aufnehmenden
25 Rohrabschnitt, bei dem jedem Monolithen ein verengter Längsabschnitt
26 zugeordnet ist,
27 Fig.3 einen Abgaskatalysator mit einem Rohrabschnitt, bei dem ein etwa mit-
28 tig angeordneter verengter Längsabschnitt von zwei Längsabschnitten
29 mit größerer Innenquerschnittsfläche flankiert ist,

- 1 Fig.4 einen Abgaskatalysator mit einem Rohrabschnitt, bei dem in Einpreß-
2 richtung aufeinanderfolgende Längsabschnitte nach abnehmender In-
3 nenquerschnittsfläche angeordnet sind,
4 Fig.5 einen Abgaskatalysator mit konischem Gehäuse,
5 Fiig.6 eine das Einpressen eines Monolithpaket in einen Rohrabschnitt zei-
6 gende schematische Darstellung,
7 Fig.7 eine schematische Darstellung, die die Anfangsphase beim Einpres-
8 sen einer Monolithpaket in einen Rohrabschnitt zeigt,
9 Fig.8 einen Abgaskatalysator mit einem zylindrischen und einem konischen
10 Längsabschnitt,
11 Fig.9 die Draufsicht auf den Rohrabschnitt eines Abgaskatalysators, bei dem
12 sich verengte Längsabschnitte nur über einen Teilumfangsbereich er-
13 strecken,
14 Fig.10 eine Ansicht des Rohrabschnittes nach Fig. 9 in Richtung des Pfeiles X,
15 Fig.11 eine Abbildung eines Rohrabschnittes entsprechend Fig. 9 mit einem
16 sich über den gesamten Umfang des Rohrabschnittes erstreckenden
17 verengten Längsabschnitt, bei dem jedoch zwei Teilumfangsbereiche
18 stärker verengt sind als die beiden anderen, und
19 Fig.12 einen Rohrabschnitt mit zwei sich von den Enden zur Mitte hin konus-
20 förmig verengenden Längsabschnitten.

21 Bei dem in Fig.1 dargestellten Abgaskatalysator ist der zwei Monolithe 1a, 1b auf-
22 nehmende Lagerbereich 11 des Gehäuses 4 von einem Rohrabschnitt 2 gebildet.
23 An den Rohrabschnitt 2 ist an der einen Stirnseite ein Einströmtrichter 3 und an
24 der anderen Stirnseite ein Ausströmtrichter 3b angesetzt. Das Gehäuse 4 des Ab-
25 gaskatalysators setzt sich somit aus dem Rohrabschnitt 2 dem Einströmtrichter 3
26 und dem Ausströmtrichter 3b zusammen. Der Rohrabschnitt 2 ist kreiszylinder-
27 förmig. Er kann aber auch oval sein oder eine sonstige Umrissform haben. Zwi-
28 schen der Umfangsfläche 15 der Monolithe 1a, 1b und der Innenseite 5 des Rohr-
29 abschnitts 2 ist ein im Querschnitt gesehen ringförmiger Spaltraum 6 angeordnet.
30 In dem Spaltraum 6 liegt mit radialer Vorspannung eine Lagerungsmatte 7 ein. Die
31

1 Vorspannung wird dadurch erreicht, daß die Dicke der Lagerungsmatte im unver-
2 bauten Zustand größer ist als das Spaltmaß 8 des Spaltraumes 6. Die Lage-
3 rungsmatte ist eine sogenannte Quellmatte, also eine Matte, die im wesentlichen
4 aus Mineralfasern mit dazwischen eingelagerten Blähglimmerpartikeln sowie dem
5 organischen Binder besteht. Grundsätzlich können aber auch Matten ohne Bläh-
6 glimmerpartikel verwendet werden. Der Rohrabschnitt ist in zwei Längsabschnitte
7 9, 10 unterteilt. Der Längsabschnitt 9 weist eine geringeren Durchmesser 12 bzw.
8 eine kleinere Innenquerschnittsfläche auf als der sich in Strömungsrichtung 13
9 daran anschließende Längsabschnitt 10. Dementsprechend weist der Längsab-
10 schnitt 9 bei einliegendem Monolith 1a ein geringeres Spaltmaß 8a auf als der
Längsabschnitt 10. Die Kompression der Lagerungsmatte 7 ist im Längsabschnitt
11 9 erhöht. Dementsprechend erhöht sind die von der Lagerungsmatte 7 auf die
12 Innenseite 5 und auf die Umfangsfläche 15 des Monolithen 1a einwirkenden radia-
13 len Rückstellkräfte. Durch die erhöhte Kompression der Lagerungsmatte 7 im
14 Längsabschnitt 9 kann auf eine in Erosionsschutz des Stirnkantenbereiches 17
15 der Lagerungsmatte verzichtet werden. Die Fasern der Matte sind hier so kom-
16 primiert, daß eine Erosion durch den auftreffenden Abgasstrom verhindert oder
17 zumindest verringert ist. Die einem Längsabschnitt 5, 10 zugeordnete Innenfläche
18 5a des Rohrabschnittes verläuft parallel zu dessen Mittellängsachse 32 bzw. bil-
19 det einen koaxial zur Mittellängsachse 32 des Rohrabschnittes verlaufenden Zylin-
20 dermantel.

21 Zur Herstellung beispielsweise des in Fig.1 dargestellten Abgaskatalysators wird
22 ein aus zwei Monolithen 1a, 1b und einer einlagig darum gewickelten Lagerungs-
23 matte 7 bestehendes Monolithpaket 17 in Einpreßrichtung 18 in einen Rohrab-
24 schnitt 2 eingepreßt. Der Rohrabschnitt 2 liegt zur Halterung in einer Rohrauf-
25 nahme 20 ein. Der Längsabschnitt 10 mit seiner größeren Innenquerschnittsfläche
26 bzw. seinem größeren Durchmesser 12 erstreckt sich bis zu dem gegen die Ein-
27 preßrichtung 18 weisenden Rohrende 21 des Rohrabschnittes 2. Der Längsab-
28 schnitt 10 geht mit einer Stufe bzw. einer Schrägeschulter 22 in den verengten
29 Längsabschnitt 9 über. Der Längsabschnitt 9 erstreckt sich bis zu dem anderen

1 Rohrende 23 des Rohrabschnittes 2. Der Unterschied zwischen dem Durchmes-
2 ser 12 des verengten Längsabschnittes 9 und dem Durchmesser 24 des nicht
3 verengten Längsabschnittes 10 beträgt nur einige Zehntel Millimeter. In den Dar-
4 stellungen gem. Fig.1-Fig.11 sind diese Unterschiede zur Verdeutlichung und
5 auch aus zeichnerischen Gründen übertrieben dargestellt. Zur Erleichterung der
6 Einführung des Monolithpaketes 17 in den Rohrabschnitt 2 ist auf das obere Stir-
7 nende der Rohraufnahme 20 ein Einführtrichter 25 aufgesetzt. Die Einführschrä-
8 ge 26 des Einführtrichters 25 erstreckt sich im wesentlichen bis zum Rohrende 21
9 des Rohrabschnittes 2. Der Abstand 19 zwischen den beiden Monolithen 1a, 1b,
10 wird durch einen etwa ringförmigen Abstandshalter 27, beispielsweise aus Eis
oder Trockeneis, gewährleistet. Das Monolithpaket 17 wird durch einen in Ein-
11 preßrichtung 18 vorgetriebenen Preßstempel 28 in den Rohrabschnitt 2 einge-
12 geschoben.

14

15 In Fig.7 ist das Rohrende 21 des Rohrabschnittes 2 mit teilweise darin eingescho-
16 benem Monolithenpaket 17 zur Erläuterung der Anfangsphase des Einpreßvor-
17 gangs dargestellt. In der rechten Hälfte der Abbildung ist gezeigt, welche Proble-
18 me bei einem Spaltraum 6 mit einem relativ geringen Spaltmaß 8a auftreten. In der
19 Anfangsphase des Einpreßvorganges, bei dem das Monolithpaket 17 noch nicht
20 oder nur geringfügig in den Rohrabschnitt 2 eintaucht, ist der Monolith 1a nur rela-
21 tiv locker von der Lagerungsmatte 7 umgeben. Wenn ein enger Spaltraum 6 zwi-
22 schen dem Monolithen 1a und der Innenfläche 5 des Rohrabschnittes 2 vorhan-
23 den ist, wird der Lagerungsmatte 7 beim Eintritt in den Rohrabschnitt 2 ein so
24 großer Widerstand entgegengesetzt, daß sie gegenüber dem in Einpreßrichtung
25 18 vorgetriebenen Monolithen 1a zurückbleibt und schließlich nur dieser in den
26 Rohrabschnitt 2 eingeschoben wird. Wenn jedoch, wie dies in der linken Hälfte
27 von Fig.7 dargestellt ist, der sich an das Rohrende 21 anschließende Längsab-
28 schnitt 10 eine größere Innenquerschnittsfläche bzw. eine größere flichte Weite 12
29 aufweist, wird die Lagerungsmatte 7 dementsprechend geringer komprimiert.
30 Dementsprechend geringer ist auch der Reibungswiderstand zwischen der Innen-
31 seite 5a des Längsabschnittes 10 und der Lagerungsmatte 7. Die endgültige

1 Kompression der Lagerungsmatte 7 erfolgt erst dann, wenn schon ein der Länge
2 des Abschnittes 10 entsprechender Bereich des Monolithpakets in den Rohrab-
3 schnitt 2 eingeführt ist. Die Lagerungsmatte 7 ist dann in diesem Bereich derart
4 festgeklemmt bzw. stabilisiert, daß beim Übergang in den verengten Spalt mit sei-
5 nem kleineren Spaltmaß 8a ein Zurückschieben der Lagerungsmatte, wie in Fig.7
6 rechts dargestellt, praktisch ausgeschlossen ist.

7

8 In Fig.2-5 und 8-12 sind der Einströmtrichter und der Ausströmtrichter aus Verein-
9 fachungsgründen weggelassen worden. Fig.2 zeigt einen Rohrabschnitt 2 mit zwei
10 Monolithen 1a und 1b. Deren gegen die Strömungsrichtung 13 weisende Vorder-
bereiche 30 sind jeweils von einem verengten Längsabschnitt 9a, 9b umgeben.
Dies kann dann zweckmäßig sein, wenn nicht nur der vordere Monolith 1a, son-
13 dern auch der in Strömungsrichtung 13 dahinter angeordnete Monolith 1b beson-
14ders fest gelagert werden soll, etwa dann, wenn auch er noch mit einer starken
15 Abgasströmung beaufschlagt ist. Bei dem in Fig.3 dargestellten Ausführungsbei-
16 spiel ist ein verengter Längsabschnitt 9c etwa in der Mitte des Rohrabschnittes 2
17 angeordnet und überdeckt die einander zugewandten Stirnseitenbereiche der
18 Monolithe 1a und 1b. Der verengte Längsabschnitt 9c ist von zwei Längsabschnit-
19 ten 10a und 10b an flankiert, deren Innenquerschnittsfläche bzw. Durchmes-
20 ser 24a größer ist als der Durchmesser 14 des Längsabschnittes 9c. Die den ge-
21 nannten Längsabschnitten zugeordneten Innenflächen 5a bilden im wesentlichen
22 einen koaxial zur Mittelängsachse 32 des Rohrabschnitts 2 verlaufenden Zylin-
23 dermantel. Zur Herstellung eines Abgaskatalysators unter Verwendung eines
24 Rohrabschnittes gemäß Fig.3 wird zunächst ein erstes Monolithpaket 17a in Ein-
25 schubrichtung 31 und danach oder gleichzeitig ein zweites Monolithpaket 17b in
26 Einschubrichtung 31a in den Rohrabschnitt 2 eingeschoben.

27

28 Bei dem in Fig.4 dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei Längsabschnitte 10c,
29 9d und 9e in Einpreßrichtung 18 nach abnehmenden Innenquerschnittsflächen
30 bzw. Durchmessern 24b, 14a, und 14b angeordnet. Die den jeweiligen Längsab-

1 schnitten zugeordnete Innenfläche 5a bildet auch hier im wesentlichen einen
2 koaxial verlaufenden Zylindermantel.

3
4 In Fig. 5 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem sich die Innenquer-
5 schnittsfläche bzw. der Durchmesser 14c von einem Rohrende 21 zum anderen
6 Rohrende 23 hin kontinuierlich verringert. Das im Montagezustand gegen die
7 Strömungsrichtung 13 weisende Rohrende 23 hat den kleinsten Durchmes-
8 ser 14c. Die Innenquerschnittsfläche nimmt dann bis zum anderen Rohrende 21
9 kontinuierlich zu. Die Innenfläche 5 des Rohrabschnittes 2 ist somit im wesentli-
10 chen die Mantelfläche eines Kegelstumpfes. Zur Herstellung eines Abgaskatalysa-
11 tors unter Verwendung eines Rohrabschnittes 2 gemäß Fig. 5 wird beispielsweise
12 ein zwei Monolithe 1a und 1b enthaltendes Monolithpaket 17 in Einpreßrich-
13 tung 18, also vom Rohrende 21 mit dem größten Durchmesser her eingeschoben.

14
15 Bei dem Abgaskatalysator nach Fig. 8 sind Längsabschnitte mit einer zylinder-
16 mantelförmigen Innenfläche 5a und solche mit einer konischen Innenfläche 5b
17 kombiniert. An einen ersten Längsabschnitt 10d mit im wesentlichen zylinderman-
18 telförmiger Innenfläche 5a und einem Durchmesser 24c schließt sich ein vereng-
19 ter Abschnitt 9f an, dessen Innenfläche 5b sich zum Rohrende 23 hin konisch
20 verjüngt. Der Durchmesser 14b bzw. das Spaltmaß 8a des Spaltraumes 6 nimmt
21 dementsprechend in Richtung auf das Rohrende 23 ab. Zur Herstellung eines sol-
22 chen Abgaskatalysators wird ein Monolithpaket 17 vom Rohrende 21 in Einpreß-
23 richtung 18 in den Rohrabschnitt 2 eingeschoben.

24
25 Der erfindungsgemäße Gedanke eines stufenförmig oder konusförmig verengten
26 Spaltraumes kann prinzipiell auch bei Abgaskatalysatoren mit Halbschalen- oder
27 Wickelgehäusen Verwendung finden. Im ersten Fall werden dazu Gehäusehalb-
28 schalen verwendet, die wenigstens zwei Längsabschnitte aufweisen, wobei ein
29 Längsabschnitt erfindungsgemäß verengt ist. Bei einem Wickelgehäuse wird ein
30 Bleczuschnitt mit wenigstens zwei Längsabschnitten verwendet, wobei der eine
31 Längsabschnitt erhaben aus der Planebene des anderen Längsabschnittes her-

1 vorsteht. Der erhaben vorstehende Längsabschnitt bildet dann beim fertigen Ab-
2 gaskatalysator einen verengten Längsabschnitt des einen Monolithen aufneh-
3 menden Gehäusebereiches.

4

5 Fig. 9 zeigt einen Rohrabschnitt 2 mit ovaler bzw. ellipsoider Umrißform. Er weist
6 einen Längsabschnitt 9g auf, der sich nur über zwei sich in Richtung der kleinen
7 Ellipsenachse d gegenüberliegende Umfangsteilbereiche 35 erstreckt. Diese Teil-
8 bereiche sind etwa in Richtung auf die Mitte des Monolithen 1 zu abgesenkt. Da-
9 durch entsteht im Bereich der Flachseiten 37 des Monolithen ein Spaltraum 6 mit
10 verringertem Spaltmaß 8b. Die Flächenpressung der Lagerungsmatte 7 ist daher
in diesem Bereich erhöht. Dementsprechend erhöht ist die radiale Preßkraft auf
den Monolithen 1. Dagegen sind die stärker gekrümmten Oberflächenbereiche
13 des Monolithen 1 im Bereich seiner großen Ellipsenachse D aufgrund des dort
14 geringeren Spaltmaßes 8c mit einer geringeren radialen Preßkraft beaufschlagt. In
15 Fig. 10 ist verdeutlicht, daß sich der Längsabschnitt 9g mit seinen abgesenkten
16 Umfangsteilbereichen 35 nur über eine Teillänge des Rohrabschnittes 2 erstreckt.
17

18

Bei dem in Fig. 11 dargestellten Rohrabschnitt ist ein verengter Längsabschnitt
volumfänglich ausgebildet. Im Bereich der Flachseiten 37 des Monolithen ist je-
doch die Verengung der Innenquerschnittsfläche stärker ausgeprägt als in den
seitlichen stärker gekrümmten Umfangsbereichen des Monolithen. Gegenüber der
Querschnittsfläche des ursprünglichen bzw. nicht verengten Rohrabschnittes 2 ist
somit im Bereich des verengten Längsabschnittes der Monolith von einem insge-
sam verengten Spaltraum 6 umgeben. Aufgrund der genannten Ausgestaltung ist
aber das Spaltmaß 8b im Bereich der Flachseiten geringer als das Spaltmaß 8 c
im seitlichen stärker gekrümmten Umfangsbereich des Monolithen 1.

27

Fig. 12 zeigt schließlich ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein Rohrabschnitt 2
zwei sich konisch zu dessen Mitte hin verengende Längsabschnitte 36a, 36b auf-
weist. Dementsprechend ist der Spaltraum 6 von den Rohrenden 23, 21 zur Mitte
hin kontinuierlich verkleinert. Bei der Herstellung eines Abgaskatalysators unter

- 1 Verwendung eines solchen Rohrabschnittes wird in jedes Rohrende 21, 23 ein
- 2 Monolithpaket 17 eingepreßt.
- 3

1

2

Zusammenfassung

3

4 Die Erfindung betrifft einen Abgaskatalysator, insbesondere für Kraftfahrzeuge
5 und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Das erfindungsgemäße Verfahren
6 zeichnet sich dadurch aus, daß ein aus wenigstens einem von einer Lagerungs-
7 matte (7) umwickelten Monolithen (1) gebildetes Monolithpaket (17) in einen als
8 Gehäuse dienenden Rohrabschnitt (2) eingepreßt wird. Der Rohrabschnitt (2)
9 weist zwei Längsabschnitte (9, 10) mit unterschiedlichen Innenquerschnittsflächen
10 auf. Das Monolithpaket wird von dem Rohrende (21) mit einer größeren oder mit
der größten Innenquerschnittsfläche her eingepreßt. Bei einem erfindungsgemä-
ßen Abgaskatalysator ist dementsprechend wenigstens ein verengter Längsab-
13 schnitt (9) mit einem verringerten Durchmesser (12) bzw. mit einer verkleinerten
14 Innenquerschnittsfläche vorhanden, wobei die Innenfläche (5a) des Rohrab-
15 schnitts (2) parallel zu dessen Mittellängsachse (32) verläuft.

16

17

[Fig.1]

18

19

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1 Monolith | 21 Rohrende |
| 2 Rohrabschnitt | 22 Schrägschulter |
| 3a Einströmtrichter | 23 Rohrende |
| 3b Ausströmtrichter | 24 Durchmesser |
| 4 Gehäuse | 25 Einführtrichter |
| 5 Innenfläche | 26 Einführschräge |
| 6 Spaltraum | 27 Abstandshalter |
| 7 Lagerungsmatte | 28 Preßstempel |
| 8 Spaltmaß | 29 Vorderbereich |
| 9 Längsabschnitt | 30 Vorderbereich |
| 10 Längsabschnitt | 31 Einschubrichtung |
| 11 Lagerungsbereich | 32 Mittellängsachse |
| 12 Durchmesser | 33 Längsabschnitt |
| 13 Strömungsrichtung | 34 Längsabschnitt |
| 14 Durchmesser | 35 Umfangsteilbereich |
| 15 Umfangsfläche | 36 Längsabschnitt |
| 16 Stirnkantenbereich | 37 Flachseite |
| 17 Monolithpaket | d kleine Ellipsenachse |
| 18 Einpreßrichtung | D große Ellipsenachse |
| 19 Abstand | |
| 20 Rohraufnahme | |

Fig. 1

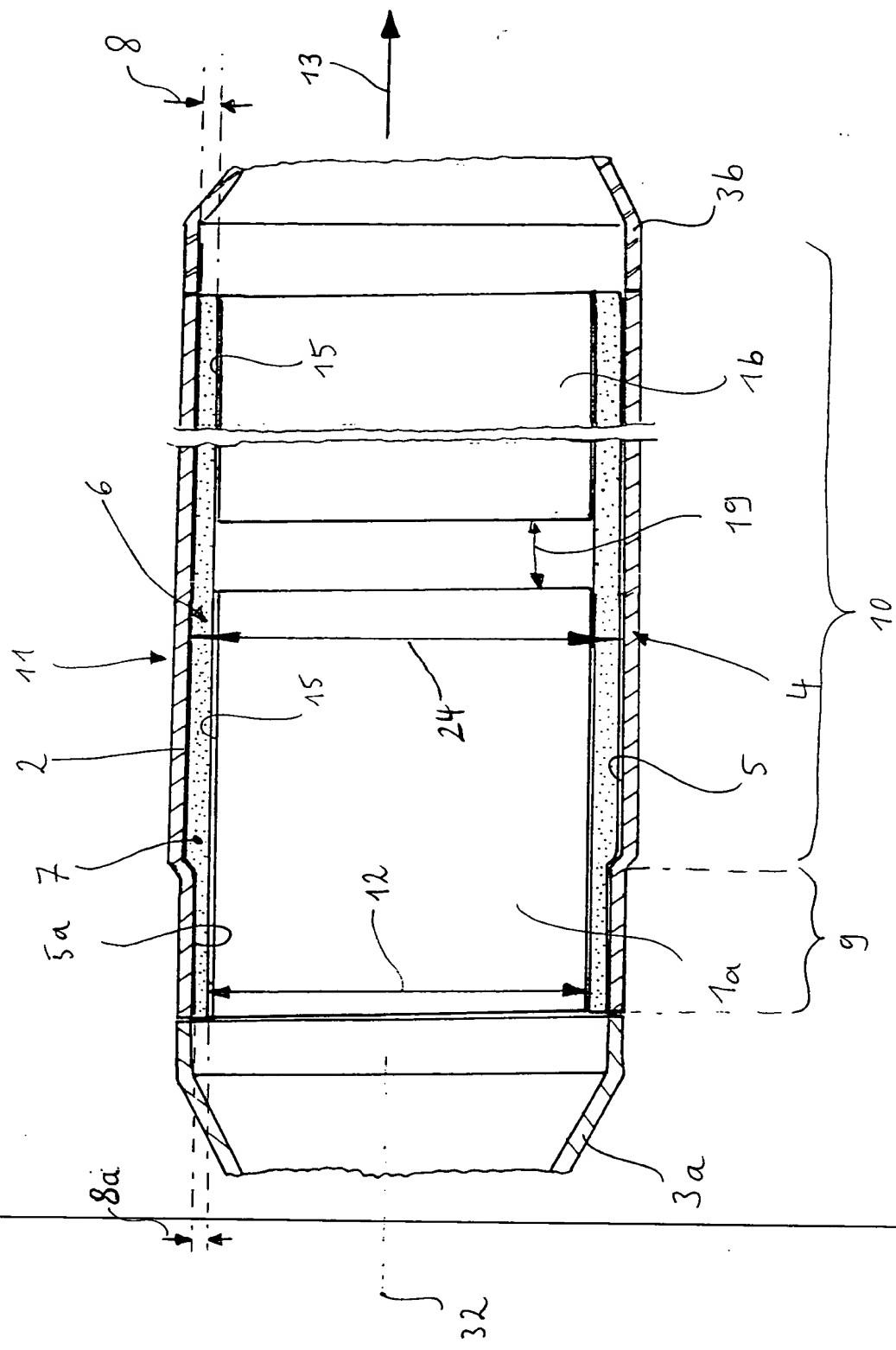


Fig. 2

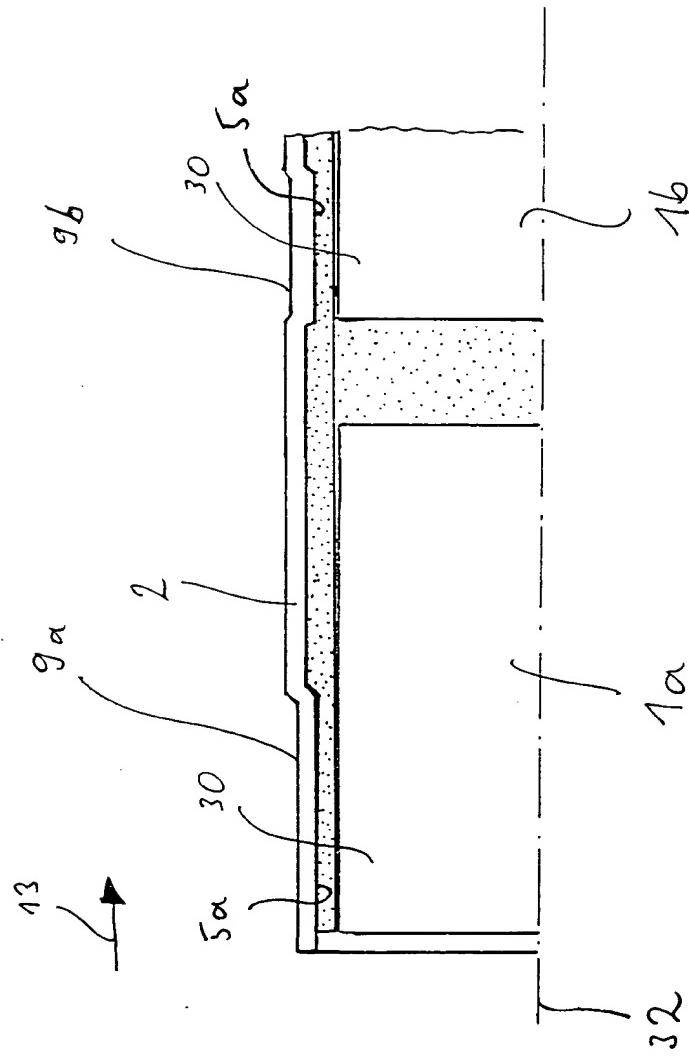


Fig. 3

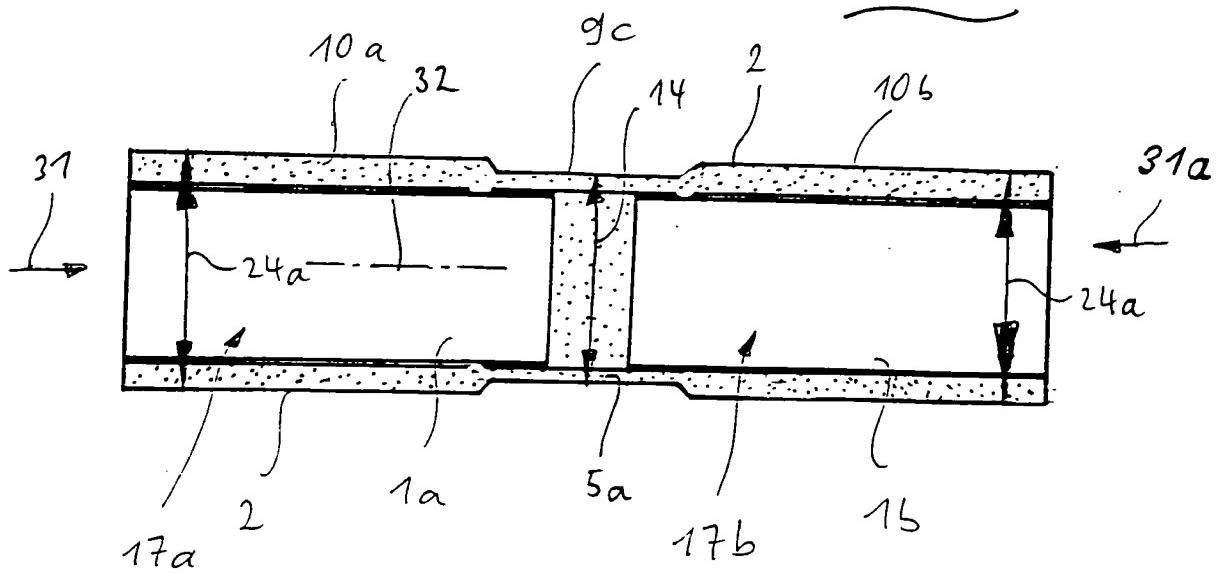


Fig. 4

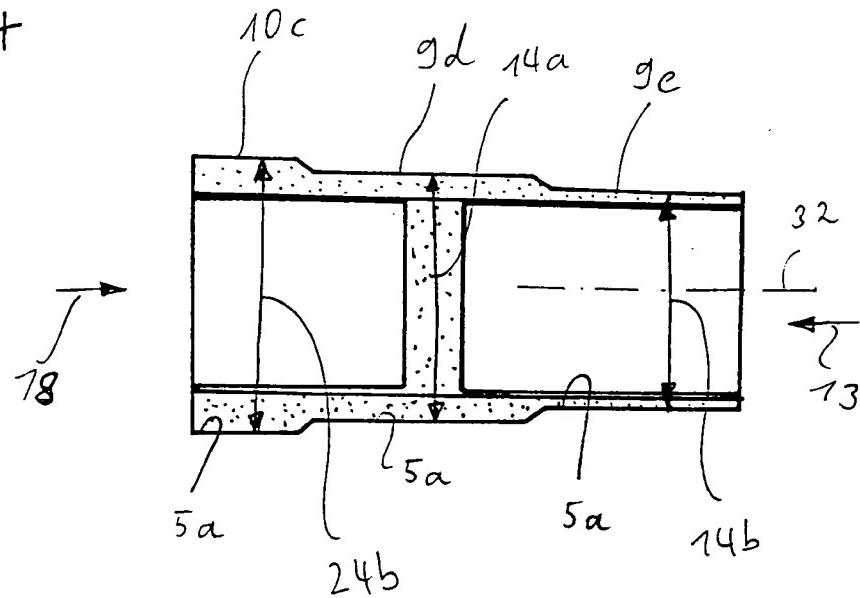


Fig. 5

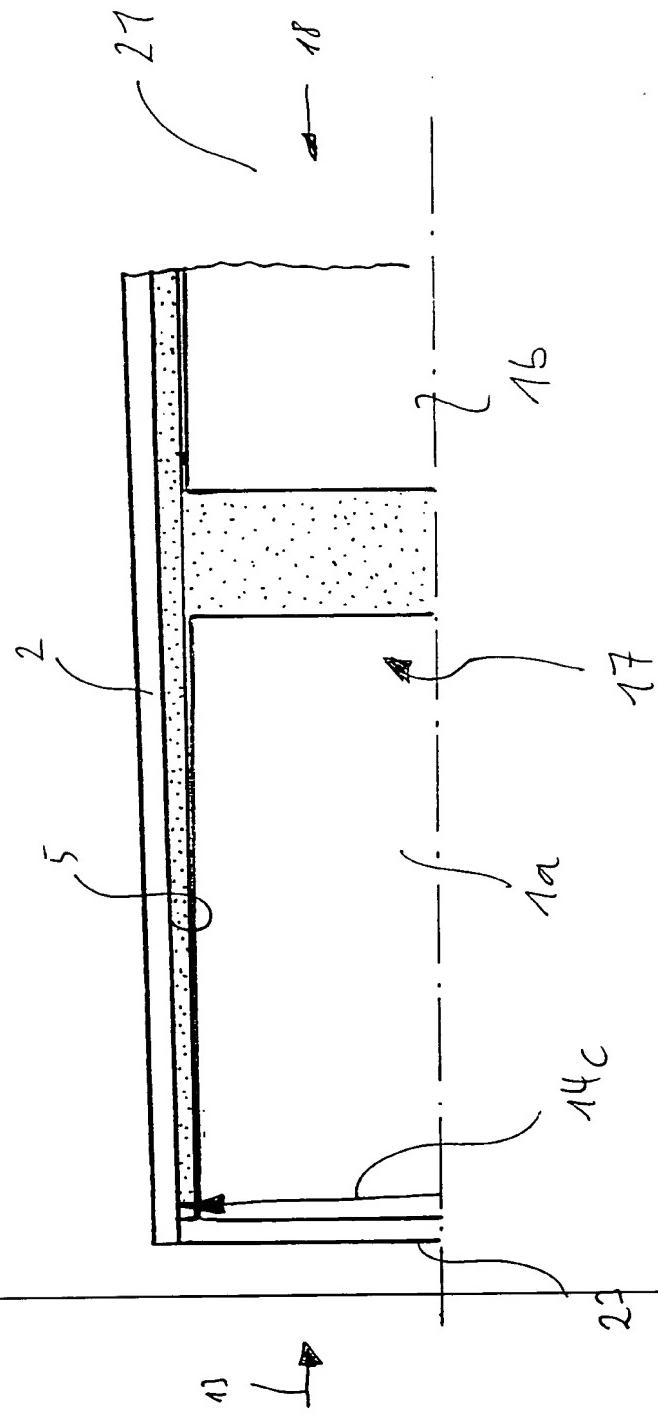
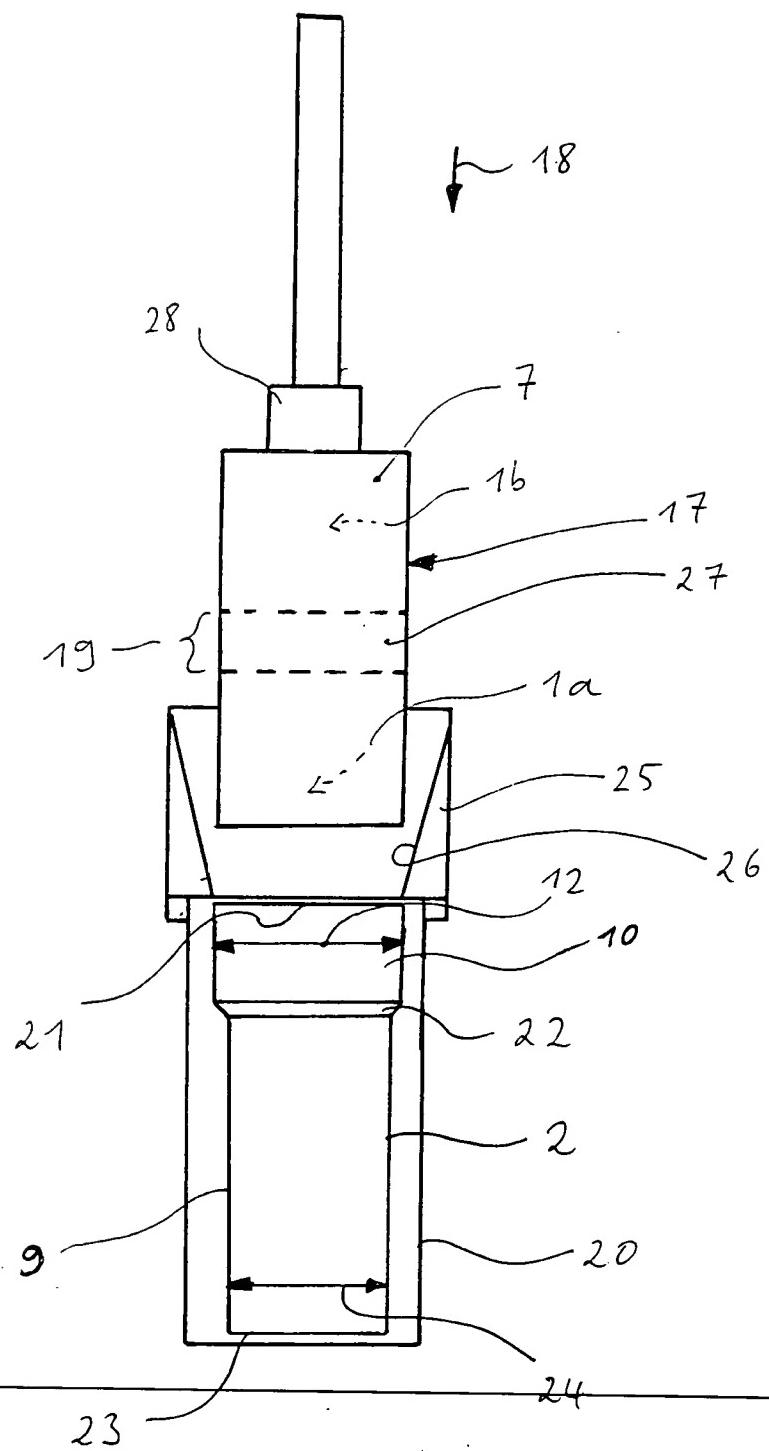


Fig. 6



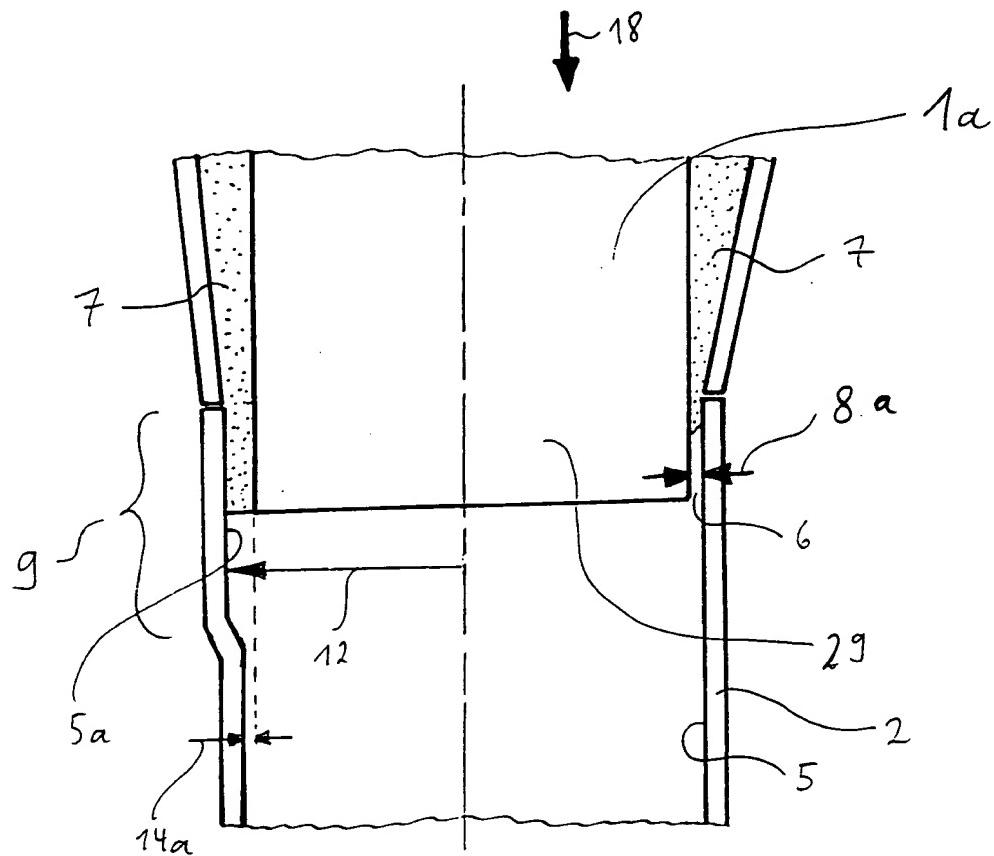
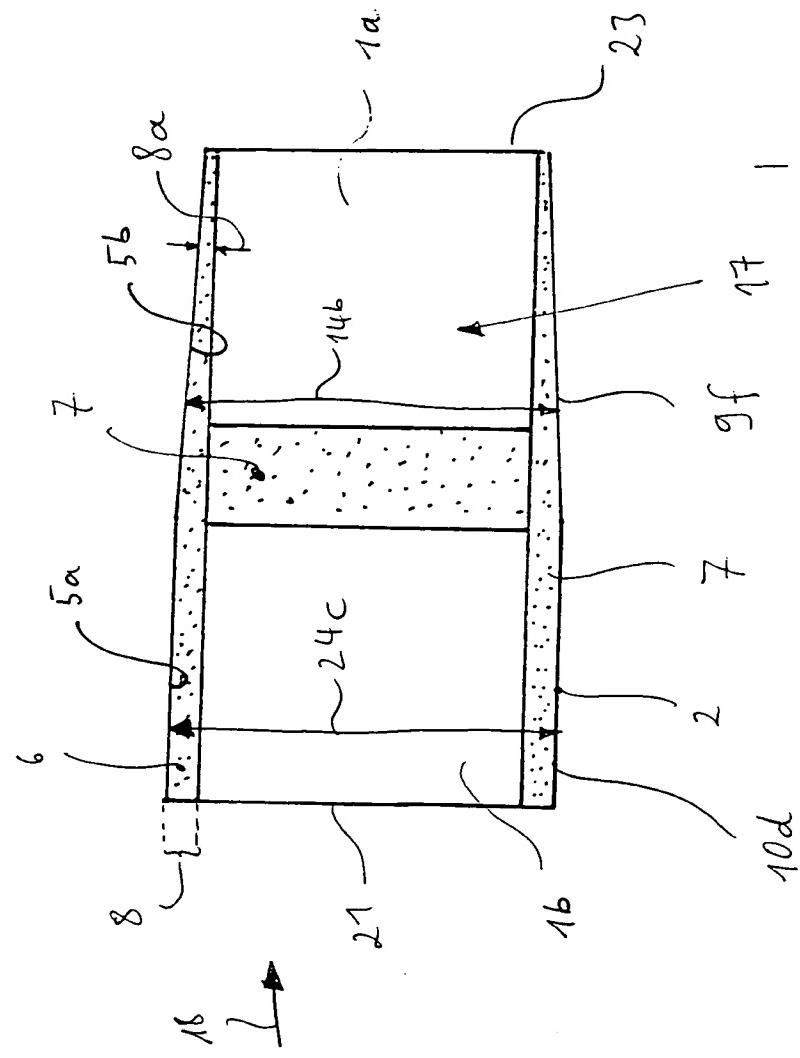


Fig. 7

Fig. 8



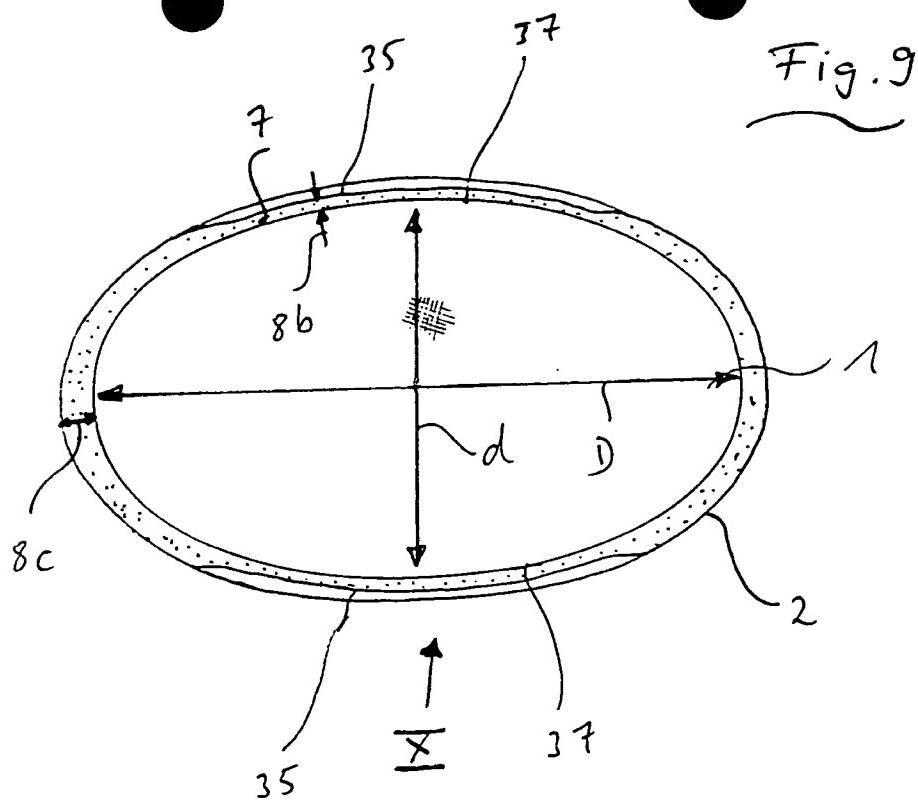


Fig. 10

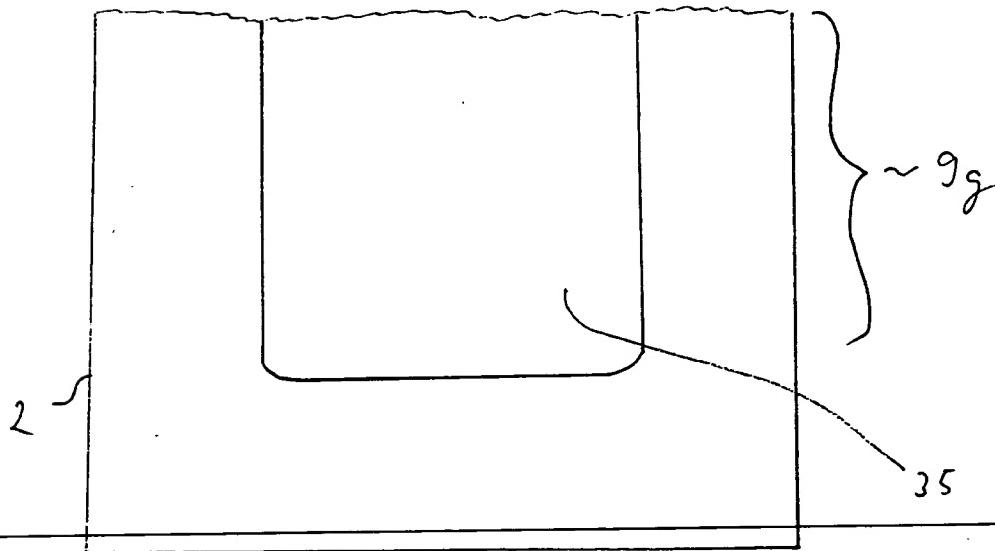


Fig. 11

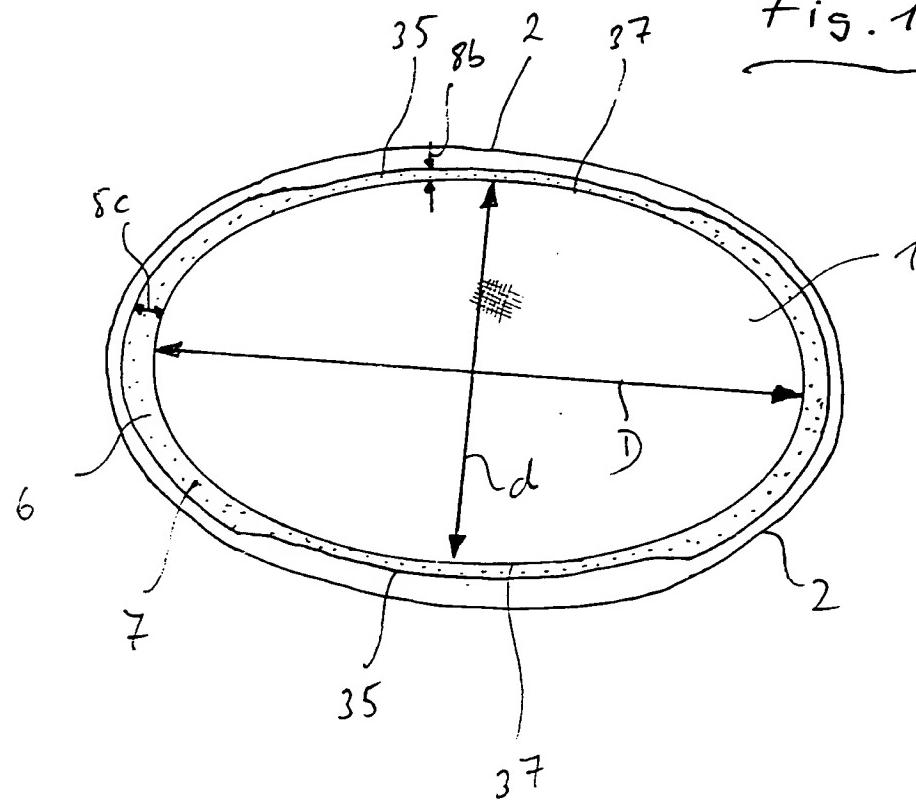


Fig. 12

